

PRARANCANGAN PABRIK AKROLEIN DARI GLISEROL MENGGUNAKAN DENGAN DESAIN ALAT UTAMA EVAPORATOR GLISEROL (EV-101) PADA PROSES REAKSI DEHIDRASI GLISEROL

Jayanti Mandasari

Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia
Program Studi Teknik Kimia S1, Fakultas Teknik Universitas Riau
Kampus Bina Widya Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Panam
Pekanbaru, 28293
E-mail : jayanti.mandasari@student.unri.ac.id

ABSTRACT

Acrolein (2-propenal / C_3H_4O / $CH_2 = CHCHO$) is the simplest unsaturated aldehyde compound. The main characteristic of acrolein is its high reactivity due to the conjugation of the carbonyl group with the vinyl group. The uses of acrolein include protecting liquid fuels from microorganisms, making the essential amino acid methionine and as a good separator and dispersing agent, widely used in the ceramic, paper and electroplating industries. Currently acrolein is produced commercially mainly using the propylene oxidation method. However, producing acrolein with glycerol as raw material is more promising in terms of cost and renewability. The effective utilization of the glycerol by-product from biodiesel production can reduce the cost of biodiesel production and thereby increase the development of the biodiesel industry. The main design tool is the evaporator (EV-101) which serves to concentrate glycerol to a purity of 98% as a raw material in the acrolein manufacturing process. This design is carried out in several steps, namely collecting data sources to support the establishment of the factory, calculating the mass and energy balance, calculating the network of heat and mass exchangers as well as analyzing and designing the glycerol evaporator and supporting accessories. The operating conditions for evaporator 101 (EV-101) are with a feed temperature of 107.7 °C and a pressure of 1 bar and a steam temperature of 200 °C. The type of evaporator used is the Long Tube Vertical Evaporator.

Keywords: Acrolein, biodiesel, energy balance, evaporator, glycerol.

1. PENDAHULUAN

Akrolein (2-propenal / C_3H_4O / $CH_2=CHCHO$) adalah senyawa aldehid tidak jenuh yang paling sederhana. Karakteristik utama akrolein adalah reaktivitasnya yang tinggi karena konjugasi gugus karbonil dengan gugus vinil. Akrolein merupakan senyawa yang sangat beracun, mudah terbakar, dapat menimbulkan air mata. Kegunaan akrolein antara lain adalah sebagai pelindung bahan bakar cair dari mikroorganisme, bahan pembuatan asam amino metionin esensial dan sebagai bahan pemisah dan

pendispersi yang baik, banyak digunakan dalam industri keramik, kertas, dan *electroplating* (Othmer, 1997).

Saat ini akrolein diproduksi secara komersial terutama menggunakan metode oksidasi propilena. Namun, memproduksi akrolein menggunakan gliserol sebagai bahan baku lebih menjanjikan dalam hal biaya dan keterbaruan. Penelitian tentang dehidrasi gliserol menjadi akrolein dimulai sekitar 100 tahun yang lalu dan telah menarik banyak perhatian selama sekitar 20 tahun karena perkembangan industri biodiesel. Pemanfaatan gliserol hasil

samping dari produksi biodiesel yang efektif dapat mengurangi biaya produksi biodiesel dan karenanya meningkatkan pengembangan industri biodiesel.

Crude glycerol hasil samping industri biodiesel yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan akrolein akan melewati proses pemurnian terlebih dahulu. *Crude glycerol* akan dikonversi menjadi gliserol murni yaitu dengan kemurnian 98%. Untuk mencapai kemurnian tersebut digunakan beberapa tahapan pemurnian. Salah satunya yaitu menggunakan proses evaporasi.

Evaporasi merupakan suatu proses penguapan sebagian dari pelarut sehingga didapatkan larutan zat cair pekat yang konsentrasinya lebih tinggi. Tujuan dari evaporasi yaitu untuk memekatkan larutan yang terdiri dari zat terlarut yang tak mudah menguap dan pelarut yang mudah menguap. Pada umumnya proses evaporasi menggunakan pelarut air. Evaporasi tidak sama dengan pengeringan, dalam evaporasi sisa penguapan adalah zat cair, kadang-kadang zat cair yang sangat viskos, dan bukan zat padat.

Evaporator yang akan dirancang merupakan evaporator 101 (EV-101) dengan jenis *long tube vertical evaporator*. Evaporator ini digunakan dalam proses evaporasi untuk menguapkan sejumlah air dari *bottom product* DC-101 yang berupa gliserol dengan kandungan air yang tinggi, sehingga di dapatkan gliserol dengan kemurnian 98%. Kondisi operasi evaporator 101 (EV-101) dengan suhu umpan 107,7°C dan tekanan 1 bar serta suhu steam 200°C.

2. DESKRIPSI PROSES

Adapun alasan pemilihan proses dehidrasi adalah karena proses ini memiliki kelebihan yaitu menggunakan bahan baku berupa gliserol yang harganya relatif murah, suhu dan tekanan operasi

yang rendah dibandingkan proses degussa dan shell sehingga lebih hemat energi. Sedangkan kelemahan proses dehidrasi yaitu menghasilkan akumulasi karbon yang menyebabkan turunnya konversi, sifat gliserol yang larut dalam air akan mempersulit tahapan reaksi dan penggunaan bahan baku berupa *crude glycerol* dibutuhkan proses pemurnian bahan baku terlebih dahulu.

Langkah pertama dari proses ini adalah pemurnian gliserol karena mengandung serangkaian pengotor sisa dari produksi Biodiesel, seperti Air, NaOH *Crude Palm Oil*, Biodiesel dan metanol. Masing-masing dari pengotor ini memerlukan operasi unit khusus untuk menghilangkannya. Tahapan pertama dalam pemurnian gliserol terlebih dahulu dilakukan proses dekantasi menggunakan dekanter (D-101) untuk memisahkan gliserol dari pengotor berupa *Crude Palm Oil* dan Biodiesel kondisi operasi pada tekanan 1 atm, temperatur 25 °C dan waktu tinggal selama 10 menit. Gliserol kemudian dilakukan proses netralisasi menggunakan HCl dengan mencampurkannya pada alat *Mixer* (M-101) dengan kondisi operasi 25 °C dan tekanan 1 atm.

Gliserol yang telah dilakukan proses netralisasi maka dipisahkan pengotor berupa *methanol* menggunakan kolom destilasi (D-101) dengan kondisi operasi 90 °C dan 1 atm. *Bottom product* kolom destilasi yaitu gliserol masih terkandung kadar air yang banyak sehingga belum sesuai untuk spesifikasi umpan masuk reaktor perlu dilakukan proses evaporasi menggunakan evaporator (EV-101) pada kondisi operasi 107 °C tekanan 1 atm dengan demikian akan didapatkan gliserol yang telah memenuhi komposisi umpan masuk reaktor.

Selanjutnya untuk mengkonversi gliserol menjadi akrolein dilakukan menggunakan reaksi dehidrasi. Proses reaksi dehidrasi terjadi pada reaktor dehidrasi (R-101) dengan kondisi operasi 410 °C dan tekanan 1 bar reaktor yang digunakan jenis *fixed bed multi tube* reaktor dengan kondisi reaktor isothermal, reaksi berlangsung pada keadaan eksotermis sehingga dibutuhkan aliran pendingin untuk menjaga kondisi reaktor berada pada keadaan *isothermal*.

Pemurnian produk hasil reaksi (akrolein) dari pengotornya yang merupakan reaksi samping proses dehidrasi pada reaktor (R-10) berupa *hydrogen, carbon monoxide, ethylene, water* dan *acetaldehyde*, produk keluaran reaktor dipisahkan menggunakan *flash drum* (V-101) untuk memisahkan gas-gas yang mudah menguap seperti *hydrogen ethylene* dan *carbon monoxide*. Pemisahan pada *flash drum* tentunya tidak akan terjadi pemisahan secara sempurna akrolein yang merupakan produk utama juga sebagian ikut menguap sehingga perlu dilakukan proses absorpsi gas akrolein yang menguap menggunakan kolom absorpsi dengan menggunakan *solvent water* kondisi operasi 34 °C dan tekanan 11 bar.

Hasil absorpsi dan *bottom product flash drum* (V-101) dipisahkan menggunakan *flash drum* (V-102) sehingga akan terpisah produk utama akrolein dan *acetaldehyde* pada *top product* dan gliserol yang tidak bereaksi pada reaktor pada *bottom product*. *Top product flash drum* (V-101) dilakukan proses destilasi (D-102) untuk memisahkan *acetaldehyde* dan akrolein dari air dengan kondisi operasi 120 °C dan tekanan 11 bar selanjutnya dipisahkan

antara *acetaldehyde* dengan akrolein menggunakan kolom destilasi (D-103).

3. METODOLOGI

Adapun langkah-langkah dalam mendesain evaporator gliserol ini adalah sebagai berikut :

1. Pengumpulan sumber data pendukung pendirian pabrik dan proses produksi yang akan dilakukan serta data-data untuk desain evaporator. (James & Castor, 2005), (Kulich, 2003), (Lei, dkk, 2003), (Majumder, 2015), (Rude, 2012), (Yaws, 1999).
2. Perhitungan neraca massa dan energi pada evaporator gliserol (Reklaitis, 1983).
3. Perhitungan jaringan alat penukar panas dan massa (Seider, dkk, 2009).
4. Analisa dan desain evaporator gliserol dan aksesoris pendukung (Brownel & Young, 1959), (Coulson & Richardson, 2005), Kern, 1965), (Megyesy, 1972), (Peters & Timmerhaus, 2003), (Sinnot, 2005), (Smith, 1970), (Wallas, 1990).

4. DESAIN ALAT UTAMA EVAPORATOR GLISEROL (EV-101)

Evaporator yang dirancang pada laporan ini merupakan evaporator 101 (EV-101) dengan jenis *long tube vertical* evaporator. Evaporator ini digunakan dalam proses evaporasi untuk menguapkan sejumlah air dari *bottom product* DC-101 yang berupa gliserol dengan kandungan air yang tinggi, sehingga di dapatkan gliserol dengan kemurnian 98%. Kondisi operasi evaporator 101 (EV-101) yaitu dengan suhu umpan 107,7°C dan tekanan 1 bar

serta suhu *steam* 200°C. Berikut merupakan alasan yang mendasari pemilihan evaporator dengan jenis *long tube vertical* evaporator :

1. *Long tube* evaporator harganya murah serta pengoperasian lebih mudah (*Visual Encyclopedia of Chemical Engineering Equipment*,1999).
2. Luas perpindahan panasnya besar sehingga dapat menguapkan sejumlah besar air untuk membuat larutan pekat dengan kadar yang diinginkan (Ulrich,1984).
3. Koefisien Transfer panas cukup besar sehingga baik digunakan untuk perbedaan temperatur yang rendah atau tinggi (Perry,1999).

Perancangan reaktor alkilasi dilakukan atas beberapa tahapan yakni :

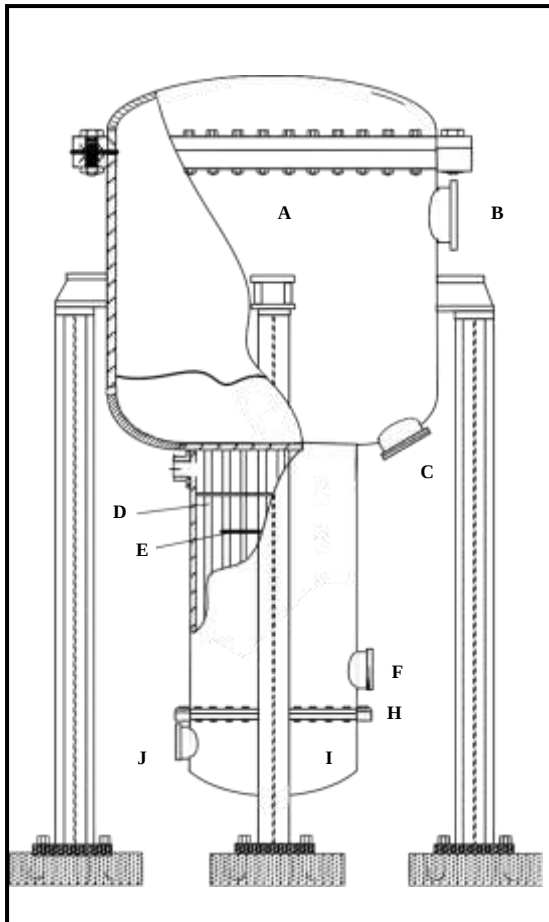
1. Menentukan jenis evaporator yang digunakan.
2. Menentukan dimensi deflektor yang meliputi penentuan kecepatan uap, diameter *shell*, volume *shell*, tebal *shell* dan tutup atas dan bawah.
3. Merancang *heat exchanger* yang meliputi perhitungan beban panas (Q), jumlah *tube*, temperatur dinding, *dirt factor* dan *pressure drop* yang diperbolehkan pada alat.
4. Selanjutnya spesifikasi alat ditentukan.
5. Merancang bagian internal evaporator dan aksesoris pendukung alat (penyangga, *nozle*, *flange*, dll).

Adapun hasil perancangan Evaporator Gliserol atau EV-101 didapatkan spesifikasi alat yang dapat dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut :

Tabel 3.1 Spesifikasi Evaporator Gliserol

Spesifikasi Alat		
Nama alat	Evaporator 1	
Kode alat	EV-101	
Jenis	Long Tube Evaporator	
Material konstruksi	Carbon steel SA-334 Grade C	
Kondisi Operasi		
Tekanan	1bar	14,503 psi
Suhu	Input	Output
Aliran umpan dan produk	380,7°K	403°K
Steam	473°K	473°K
Laju alir massa	39974,7 kg/jam	
Laju alir massa steam	1749,163 kg/jam	
Hasil Perancangan Shell		
Inside diameter	0,635 m	25 in
Outside diameter	0,65 m	25,625 in
Tebal	0,00793 m	0,3125 in
Tinggi	3,759 m	148 in
Tekanan desain	15,4 bar	19,596 psi
Hasil Perancangan Tube		
Jumlah tube	94	
Inside diameter	0,022 m	0,87 in
Outside diameter	0,0381 m	1,5 in
Tebal	0,02 m	0,75 in
Hasil Perancangan Head		
Tipe	Torispherical	
Tinggi	0,402 m	15,823 in
Tebal	0,008 m	0,3125 in
Tinggi total evaporator	7,986 m	in
Hasil Perancangan Nozzle		
Aliran Umpan		
Inside diameter	4,026 in	
Outside diameter	4,5 in	
Luas area	12,7 in ²	
Aliran Produk		
	Liquid	Vapor
Inside diameter	2,469 in	19,25 in
Outside diameter	2,88 in	20 in
Luas area	4,792 in ²	
Steam		
	Input	Output
Inside diameter	10,02 in	0,534 in
Outside diameter	10,75 in	0,824 in
Luas area	78,8 in ²	0,534 in ²

Adapun bentuk dari *Long tube vertical* evaporator dapat dilihat dari Gambar 3.1 berikut ini :



Gambar 3.1 Desain Alat Utama

Keterangan gambar :

- | | |
|--------------------|-----------------------|
| A. Deflector | F. Baffle |
| B. Keluaran Uap | G. Keluaran Kondensat |
| C. Keluaran Produk | H. Tube Sheet |
| D. Steam Masuk | I. Head Stationer |
| E. Tube | J. Input Umpan |

Spesifikasi dari alat pendukung evaporator dapat dilihat pada Tabel 3.2 berikut ini :

Tabel 3.2 Spesifikasi Alat Pendukung

Flange Vessel		
Material	Carbon steel SA-240 Grade A	
Outside diameter	0,65 m	25,625 in
Tebal	0,069 m	2,75 in
Bolt Vessel		
Material	Carbon steel SA-193 Grade B	
Ukuran	0,0635 m	2,5 in
Root area	0,0027 m ²	4,292 in ²
Jumlah	18 buah	
Circle diameter	0,813 m	32,01 in
Gasket Vessel		
Material	Soft steel	
Inside diameter	0,6508 m	25,625 in
Outside diameter	0,6512 m	25,639 in
Lebar	0,00017 m	0,007 in

Lanjutan Tabel 3.2

Berat Evaporator		
Pada kondisi operasi	11510,159 kg	25375,556 lb
Lug Support		
Tebal plate	0,59102 m	0,5 in
Tinggi gusset		7,5 in
Tebal gusset	0,44203 m	0,1875 in
Lebar gusset	0,00476 m	4,5 in
Lebar plate		3 in
Luas lubang baut		0,5
Anchor Bolt		
Jumlah anchor bolt	4 buah	
Bolt circle	2,39 m	94,2 in

5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari perancangan pabrik akrolein ini adalah:

1. Desain alat utama berupa Evaporator (EV-101) dengan jenis *Long Tube Vertical Evaporator* yang berfungsi untuk memekatkan gliserol agar mencapai kemurnian 98% sebagai bahan baku dalam proses pembuatan akrolein.
2. Evaporator gliserol didesain dengan tinggi 3,759 m, diameter 0,65 m dan kapasitas 39974,7 kg.
3. Evaporator gliserol didesain dengan tutup dan alas *torispherical head* dan juga penyangga berupa *lug support*.

5.2 Saran

Sebaiknya perancangan evaporator *Long Tube Evaporator* dilakukan menggunakan aplikasi simulasi perancangan seperti aspen plus agar mendapatkan perhitungan yang lebih akurat dan juga dapat dibandingkan dengan perhitungan manual.

DAFTAR PUSTAKA

Bednar, H., H. (1986). Pressure Vessel Design Handbook, Second Edition. New York: Van Nostrand Reinhold.

- Brownell, L., E., and Young, E., H. (1959). *Process Equipment Design*. USA: John Wiley & Sons, Inc.
- Coulson, J.M. dan Richardson, J.F. (2005). *Chemical Engineering Design* 4th Edition. Oxford: Butterworth Heinemann.
- Direktorat Jenderal dan Minyak Bumi. (2018). *Neraca gas bumi indonesia 2018-2027*. Jakarta: Ditjen Migas.
- Kern, D., Q. (1950). *Process Heat Transfer*. McGraw-Hill International Book Company.
- Kulich, D.M., Gaggar, S.K., Lowry, V. & Stepien, R. (2003). *Kirk-Othmer Encyclopedia of Chemical Technology*. USA: Wiley.
- MCGroup. (2019). *Ammonia: 2019 World Market Outlook and Forecast Up to 2028*. Merchant Research and Consulting Ltd.
- Megyesy, E., F. (2001). *Pressure Vessel Handbook*, Twelfth Edition. United States: Pressure Vessel Publishing, INC.
- Moss, D., R. (2004). *Pressure Vessel Design Manual*, Third Edition. USA: Elsevier.
- Peter, M.S., dan K.D. Timmerhaus. (1991). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, Fourth Edition. New York: McGraw-Hill Companies.
- Peter, M.S., K.D. Timmerhaus., dan R.E. West. (2003). *Plant Design and Economics for Chemical Engineers*, Fifth Edition. New York: McGraw-Hill Companies.
- Seider, W. D., Seader, J. D., & Lewin, D. R. (2009). *Product & Process Design Principles: Synthesis, Analysis And Evaluation*. John Wiley & Sons.
- Smith, J. M. (1970). *Chemical Engineering Kinetics* (2 ed). USA: McGraw-Hill, Inc.
- Sinnott. R., K. (2005). *Chemical Engineering Design*, Coulson and Richardson's Chemical Engineering Series, Volume 6, Fourth Edition. Elsevier.
- Treybal, R., E. (1981). *Mass Transfer Operation*, Third Edition. Singapura: McGraw-Hill Book Company.
- Wallas, S. M. (1990). *Chemical Process Equipment Selection and Design*. United States of America: Butterworth-Heinemann.
- Yaws, C.L. (1999). *Chemical Properties Handbook*. USA: McGraw-Hill, Inc.